



Docket No. 1232-5297

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Applicant(s): SUNAGA, et al.

Group Art Unit: TBA

Serial No.: 10/783,536

Examiner: TBA

Filed: February 20, 2004

For: CATOPTRIC PROJECTION OPTICAL SYSTEM AND EXPOSURE APPARATUS

**CERTIFICATE OF MAILING (37 C.F.R. §1.8(a))**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

I hereby certify that the attached:

1. Claim to Convention Priority w/1 document
2. Certificate of Mailing
3. Return postcard receipt

along with any paper(s) referred to as being attached or enclosed and this Certificate of Mailing are being deposited with the United States Postal Service on date shown below with sufficient postage as first-class mail in an envelope addressed to the: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

Respectfully submitted,  
MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.

Dated: April 8, 2004

By: \_\_\_\_\_

*Helen Tiger*  
Helen Tiger

**Correspondence Address:**

MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.  
345 Park Avenue  
New York, NY 10154-0053  
(212) 758-4800 Telephone  
(212) 751-6849 Facsimile

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Applicant(s): SUNAGA, et al.

Group Art Unit: TBA

Serial No.: 10/783,536

Examiner: TBA

Filed: February 20, 2004

For: CATOPTRIC PROJECTION OPTICAL SYSTEM AND EXPOSURE APPARATUS

**CLAIM TO CONVENTION PRIORITY**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In the matter of the above-identified application and under the provisions of 35 U.S.C. §119 and 37 C.F.R. §1.55, applicant(s) claim(s) the benefit of the following prior application(s):

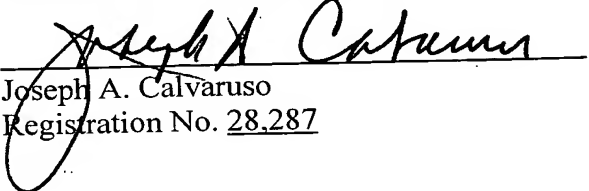
Application(s) filed in: Japan  
In the name of: Canon Kabushiki Kaisha  
Serial No(s): 2003-044886  
Filing Date(s): February 21, 2003

- ☒ Pursuant to the Claim to Priority, applicant(s) submit(s) a duly certified copy of said foreign application.
- ☐ A duly certified copy of said foreign application is in the file of application Serial No. \_\_\_\_\_, filed \_\_\_\_\_.

Dated: April 7, 2004

By:

Respectfully submitted,  
MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.

  
Joseph A. Calvaruso  
Registration No. 28,287

Correspondence Address:  
MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.  
345 Park Avenue  
New York, NY 10154-0053  
(212) 758-4800 Telephone  
(212) 751-6849 Facsimile

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日                      2 0 0 3 年    2 月 2 1 日  
Date of Application:

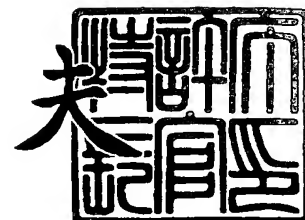
出 願 番 号                      特 願 2 0 0 3 - 0 4 4 8 8 6  
Application Number:  
[ST. 10/C]:                      [ J P 2 0 0 3 - 0 4 4 8 8 6 ]

出      願      人                      キヤノン株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 4 年    3 月    8 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 252356

【提出日】 平成15年 2月21日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/027  
G02B 17/08  
G03F 7/20

【発明の名称】 反射型投影光学系及び露光装置

【請求項の数】 1

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社  
社内

    【氏名】 須永 敏弘

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社  
社内

    【氏名】 畠山 弘至

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社  
社内

    【氏名】 佐々木 隆洋

【特許出願人】

    【識別番号】 000001007

    【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100110412

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 藤元 亮輔

    【電話番号】 03-3523-1227

**【手数料の表示】****【予納台帳番号】** 062488**【納付金額】** 21,000円**【提出物件の目録】****【物件名】** 明細書 1**【物件名】** 図面 1**【物件名】** 要約書 1**【包括委任状番号】** 0010562**【プルーフの要否】** 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 反射型投影光学系及び露光装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 物体面上のパターンを像面上に縮小投影する反射型投影光学系であって、中間像を形成する結像系であり、

前記物体面から前記像面にかけて順次光を反射する 6 枚以上のミラーを有し、

前記中間像の射出瞳位置が前記物体面と前記像面の間に位置すると共に、前記像面側の開口数を  $NA$  としたとき、当該射出瞳位置での各画角の主光線と光軸とのなす角が  $\sin^{-1} NA$  以下であることを特徴とする反射型投影光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、一般には、露光装置に係り、特に、紫外線や極端紫外線（EUV: extreme ultraviolet）光を利用して半導体ウェハ用の単結晶基板、液晶ディスプレイ（LCD）用のガラス基板などの被処理体を投影露光する反射型投影光学系及び露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

近年の電子機器の小型化及び薄型化の要請から、電子機器に搭載される半導体素子の微細化への要求はますます高くなっている。例えば、マスクパターンに対するデザインルールはライン・アンド・スペース（L & S） $0.1 \mu m$  以下の寸法像を広範囲に形成することが要求され、今後は更に  $80 nm$  以下の回路パターン形成に移行することが予想される。L & S は、露光においてラインとスペースの幅が等しい状態でウェハ上に投影された像であり、露光の解像度を示す尺度である。

【0003】

半導体製造用の代表的な露光装置である投影露光装置は、マスク又はレチクル（なお、本出願ではこれらの用語を交換可能に使用する。）上に描画されたパターンをウェハに投影露光する投影光学系を備えている。投影露光装置の解像度（

正確に転写できる最小寸法)  $R$  は、光源の波長  $\lambda$  と投影光学系の開口数 ( $NA$ ) を用いて次式で与えられる。

【0004】

【数1】

$$R = k_1 \times \lambda / NA$$

【0005】

従って、波長を短くすればするほど、及び、 $NA$  を上げれば上げるほど、解像度はよくなる。近年では、解像度はより小さい値を要求され  $NA$  を上げるだけではこの要求を満足するには限界となっており、短波長化により解像度の向上を見込んでいる。現在では、露光光源は、 $KrF$  エキシマレーザー (波長約 248 nm) 及び  $ArF$  エキシマレーザー (波長約 193 nm) から  $F_2$  レーザー (波長約 157 nm) に移行しており、更には、 $EUV$  (extreme ultraviolet) 光の実用化も進んでいる。

【0006】

しかし、光の短波長化が進むと光が透過する硝材が限られてしまうために屈折素子、即ち、レンズを多用することは難しく、投影光学系に反射素子、即ち、ミラーを含めることが有利になる。更に、露光光が  $EUV$  光になると利用できる硝材は存在しなくなり、投影光学系にレンズを含めることは不可能となる。そこで、投影光学系をミラー (例えば、多層膜ミラー) のみで構成する反射型投影光学系が提案されている。

【0007】

反射型投影光学系においては、ミラーにおける反射率を高めるために反射した光が強め合うようミラーには多層膜が形成されているが、光学系全体での反射率を高めるためにできるだけ少ない枚数のミラーで構成することが望ましい。また、マスクとウェハの機械的な干渉を防止するため、マスクとウェハが瞳を介して

反対側に位置するよう投影光学系を構成するミラーの枚数は偶数枚であることが望ましい。

#### 【0008】

更に、EUV露光装置に要求される線幅（解像度）が従来の値より小さくなってきたためNAを上げる必要があるが（例えば、波長13.5nmにおいてNA0.2）、従来の3枚乃至4枚のミラーでは、波面収差を減らすことが困難である。そこで、波面収差補正の自由度を増やすためにもミラーを非球面にすると共にミラーの数を6枚程度にする必要が生じてきており（以下、本出願では、かかる光学系を6枚ミラー系と称する場合もある。）、この種の6枚ミラー系が数多く提案されている（例えば、特許文献1及び2参照。）。

#### 【0009】

##### 【特許文献1】

特開2000-100694号公報

##### 【特許文献2】

特開2000-235144号公報

#### 【0010】

##### 【発明が解決しようとする課題】

特許文献1には、6枚ミラー系の反射型投影光学系がいくつか開示されている。かかる反射型光学系は、有効径の最も大きい第4のミラーM4の直径がNA=0.2において540mm以上とかなり大きい構成となっている。その中でも最も有効径が大きいものは、NA=0.28で直径650mmを超えており、高NAに対応してミラーの最大有効径も同時に大きくなっている。有効径が最大となるミラーは、中間像結像位置の直前に配置されたものであり、中間像位置での各画角の光線の角度が大きいため有効径が大きくなる。かかる角度は、第4のミラーM4から第5のミラーM5に向かう光線が第6のミラーM6と干渉しないようにするために大きくなり、 $\sin^{-1}NA$ よりも大きくなる。

#### 【0011】

一方、特許文献2に開示されている反射型投影光学系は、中間像位置での各画角の光線の角度は小さい。しかし、一般的に、瞳から離れるほど有効径は大きく



なることが知られており、中間像位置での射出瞳位置が遠いため  $NA = 0.14$  と小さい割には有効径が大きくなっている。

#### 【0012】

そこで、本発明は、EUVリソグラフィーに適用可能で、高NA、且つ、ミラーの最大有効径及び光学系の全長が小さく、優れた結像性能を有する6枚ミラー系の反射型投影光学系及び露光装置を提供することを例示的目的とする。

#### 【0013】

##### 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明の一側面としての反射型投影光学系は、物体面上のパターンを像面上に縮小投影する反射型投影光学系であって、中間像を形成する結像系であり、前記物体面から前記像面にかけて順次光を反射する6枚以上のミラーを有し、前記中間像の射出瞳位置が前記物体面と前記像面の間に位置すると共に、前記像面側の開口数をNAとしたとき、当該射出瞳位置での各画角の主光線と光軸とのなす角が  $\sin^{-1} NA$  以下であることを特徴とする。

#### 【0014】

本発明の他の目的及び更なる特徴は、以下添付図面を参照して説明される好ましい実施例によって明らかにされるであろう。

#### 【0015】

##### 【発明の実施の形態】

本発明者は、EUVリソグラフィーに適用可能で、高NA、且つ、ミラーの最大有効径及び光学系の全長が小さく、優れた結像性能を有する6枚ミラー系の反射型投影光学系及び露光装置を提供するにあたり、基本に戻って、ミラーの有効径について鋭意検討した結果、中間像位置での主光線の角度が大きくなること（ $\sin^{-1} NA$  以下）と中間像位置での射出瞳が近いことが有効径を小さく抑えるためには重要であることを見いだした。

#### 【0016】

以下、添付図面を参照して、本発明の一側面である反射型投影光学系及び露光装置について説明する。なお、各図において同一の部材については同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。ここで、図1は、本発明の一側面としての

反射型投影光学系 100 の例示的一形態及びその光路を示した概略断面図である。また、図 2 は、図 1 に示す反射型投影光学系 100 の別の形態を示した反射型投影光学系 100A 及びその光路を示す概略断面図である。なお、以下の説明において特に断らない限り、反射型投影光学系 100 は、反射型投影光学系 100A を総括するものとする。

#### 【0017】

図 1 を参照するに、本発明の反射型投影光学系 100 は、物体面 MS（例えば、マスク面）上のパターンを像面 W（例えば、基板などの被処理体面）上に縮小投影する反射型投影光学系であって、特に、EUV 光（例えば、波長 13.4 nm 乃至 13.5 nm）に好適な光学系である。

#### 【0018】

反射型投影光学系 100 は、6 枚のミラーを有し、基本的に、物体面 MS 側から光を反射する順番に、第 1 のミラー（凸面鏡）M1 と、第 2 のミラー（凹面鏡）M2 と、第 3 のミラー M3 と、第 4 のミラー（凹面鏡）M4 と、第 5 のミラー（凸面鏡）M5 と、第 6 のミラー（凹面鏡）M6 とを有し、第 1 のミラー M1 及び第 2 のミラー M2 の 2 枚のミラーによって中間像 MI を結像させ、かかる中間像 MI を第 3 のミラー M3 乃至第 6 のミラー M6 のミラーで像面 W 上に再結像するように構成されている。

#### 【0019】

更に、本発明の反射型投影光学系 100 は、中間像 MI 位置での主光線の角度が大きくならないように  $\sin^{-1} NA$  以下とし、中間像 MI 位置での射出瞳が近いことを特徴としている。これにより、反射型投影光学系 100 を構成するミラーの最大有効径が大きくなることを抑えることができる、換言すれば、中間像 MI 位置での主光線の角度が  $\sin^{-1} NA$  以上だと、NA に対して有効径が大きくなり、中間像 MI 位置が光学系の略中央に位置するとき、その前後のミラーの有効径を最も小さくすることができる。以上のことから、中間像 MI 面での射出瞳位置は、物体面 MS と像面 W との間に位置することが好ましい。

#### 【0020】

反射型投影光学系 100 は、物体面 MS から第 1 のミラー M1 へ入射する光線

が5度以上の角度を有する非テレセントリックであり、且つ、像面W側の射出光線がテレセントリックであることも特徴となっている。例えば、照明光学系によって物体面MSに配置されたマスクを照明し、その像を像面Wに配置されたウェハ上に結像するためには、物体面MS側はある入射角を有することが必須となる。一方、像面W側は、例えば、像面Wに配置されるウェハが光軸方向に移動しても倍率の変化を少なくするために、テレセントリックであることが望ましい。

#### 【0021】

反射型投影光学系100は、基本的には、1本の光軸の回りに軸対称な共軸光学系であり、光軸を中心としたリング状の像面で収差が補正されるため好ましいという長所を有している。但し、収差補正上又は収差調整上、反射型投影光学系100を構成する6枚のミラーが完全な共軸系となるように配置される必要はなく、若干の偏心をさせて収差を改善したり、配置上の自由度を向上させたりしてもよい。

#### 【0022】

反射型投影光学系は、EUV光を用いる光学系では必須と考えられており、更なる高NA化が求められるにつれて、像面W側で光線のケラレをできるだけ排除する必要がある。本実施形態では、中間像MIを第6のミラーM6の近傍に形成し、光線とミラーの干渉を防止している。

#### 【0023】

反射型投影光学系100は、6枚のミラーで構成されているが、少なくとも1枚以上が非球面であればよく、かかる非球面の形状は、数式2に示す一般的な非球面の式で表される。但し、ミラーを非球面で構成することは収差を補正する上で好ましいという長所を有しており、できるだけ多くのミラー（好ましくは、6枚）を非球面で構成するとよい。なお、本発明の反射型投影光学系100は、6枚ミラー系に限定されず、高性能化及び高NA化のために6枚以上のミラーで構成されてもよい。

#### 【0024】

## 【数 2】

$$Z = \frac{ch^2}{1 + \sqrt{1 - (1+k)c^2h^2}} + Ah^4 + Bh^6 + Ch^8 + Dh^{10} + Eh^{12} + Fh^{14} + Gh^{16} + Hh^{18} + Jh^{20} + \dots$$

## 【0025】

数式 2 において、Z は光軸方向の座標、c は曲率（曲率半径 r の逆数）、h は光軸からの高さ、k は円錐係数、A、B、C、D、E、F、G、H、J、・・・は各々、4 次、6 次、8 次、10 次、12 次、14 次、16 次、18 次、20 次、・・・の非球面係数である。

## 【0026】

反射型投影光学系 100 は、開口絞りが第 2 のミラー M2 上に配置されているが、第 1 のミラー M1 上や第 1 のミラー M1 から第 2 のミラー M2 の間に配置してもよい。但し、第 2 のミラー M2 上に開口絞りを設けることで、光線のケラレがないように配置することが容易に可能となり、円形状の開口絞りを配置することができる。開口絞りの径は、固定であっても可変であってもよい。可変の場合には、開口絞りの径を変化させることにより、光学系の NA を変化させることができる。開口絞りの径を可変とすることで、深い焦点深度を得られるなどの長所が得られ、これにより像を安定させることができる。

## 【0027】

反射型投影光学系 100 を構成する第 1 のミラー M1 乃至第 6 のミラー M6 の表面には、EUV 光を反射させる多層膜が施されており、かかる多層膜により光を強め合う作用を奏する。波長 20 nm 以下の EUV 光を反射することが可能な多層膜は、例えば、モリブデン（Mo）層とシリコン（Si）層を交互に積層した Mo/Si 多層膜や、Mo 層とベリリウム（Be）層を交互に積層した Mo/Be 多層膜などが考えられ、使用波長によって最適な材料を選択する。但し、本発明の多層膜は、上記した材料に限定されず、これと同様の作用及び効果を有する多層膜を適用することができる。

## 【0028】

ここで、図 1 及び図 2 を参照して、本発明の反射型投影光学系 100 及び 100A を用いて照明実験した結果について説明する。図 1 及び図 2 において、MS

は物体面位置に置かれた反射型マスク、Wは像面位置に置かれたウェハを示している。

#### 【0029】

反射型投影光学系100及び100Aにおいて、波長13.4nm付近のEUV光を放射する図示しない照明系によりマスクMSが照明され、マスクMSからの反射EUV光が、第1のミラー（凸面鏡）M1、第2のミラー（凹面鏡）M2、第3のミラー（平面鏡）M3、第4のミラー（凹面鏡）M4、第5のミラー（凸面鏡）M5、第6のミラー（凹面鏡）M6の順に反射し、像面位置に置かれたウェハW上にマスクパターンの縮小像を形成している。

#### 【0030】

なお、反射型投影光学系100は、図1に示すように、中間像MIが第6のミラーM6の近傍に形成され、第2のミラーM2から第3のミラーM3へ入射する光線と第4のミラーM4から第5のミラーM5へ入射する光線とが交差するように構成されている。反射型投影光学系100Aは、図2に示すように、中間像MIが第6のミラーM6の近傍に形成されるように構成されている。

#### 【0031】

図1に示す反射型投影光学系100において、像側の開口数 $NA=0.24$ 、縮小倍率 $=1/4$ 倍、物体高 $=128\text{mm}$ 乃至 $136\text{mm}$ の8mm幅の円弧状スリットである。ここで、図1の反射型投影光学系100の数値（曲率半径、面間隔、非球面係数など）を表1に示す。

#### 【0032】

【表 1】

ミラー番号	曲率半径		面間隔	
MS(マスク)	∞		491.891	
M1	3842.27		-391.891	
M2	623.53		782.331	
M3	∞		-340.568	
M4	587.99		347.083	
M5	179.044		-296.955	
M6	384.583		340.955	
W (ウェハ)	∞			
非球面係数	K	A	B	C
M1	-267.4660	-7.80044E-09	4.13260E-13	8.21038E-17
M2	-2.6284	1.71127E-09	-1.04963E-14	2.16368E-19
M3	0.0000	-1.81104E-09	3.54552E-14	-6.56727E-19
M4	-0.5015	-4.99639E-11	5.51481E-16	6.21448E-20
M5	0.6522	1.28818E-08	-1.22531E-12	1.27459E-16
M6	0.0422	6.31614E-11	1.18303E-15	2.63860E-20
	D	E	F	G
M1	-2.00255E-20	3.40696E-24	-3.40597E-28	2.05891E-32
M2	-7.05067E-22	4.59327E-25	-1.40249E-28	1.68151E-32
M3	2.52501E-23	-2.93865E-28	-1.06101E-31	8.25731E-36
M4	-6.85647E-25	-5.48455E-30	4.97703E-34	-6.55281E-39
M5	1.57925E-19	-2.65980E-22	1.88753E-25	-7.15690E-29
M6	-5.53148E-24	9.53036E-28	-8.41706E-32	3.83038E-36

## 【0033】

また、図 1 に示す反射型投影光学系 100 の製造誤差を含まない収差は、各画角で表 2 に示すようになる。

## 【0034】

【表 2】

物体高 (mm)	波面収差 (rms)
128	0.0633 $\lambda$
132	0.0450 $\lambda$
136	0.0870 $\lambda$

## 【0035】

なお、 $| \text{歪曲最大値} | = 0.93 \text{ nm}$ である。

## 【0036】

また、中間結像MI位置での射出瞳は、第2のミラーM2上にあり、物体面MSと像面Wの間に位置している。更に、中間結像MI位置での各画角の主光線と光軸とのなす角の最大値は $8.07$ 度である。従って、 $\sin^{-1} \text{NA} = 13.89$ 以下となっており、最大有効径を抑える条件を満たしている。このとき、最大有効径の第4のミラーM4は $427.3 \text{ mm}$ であり、十分に小さい値である。

## 【0037】

一方、図2に示す反射型投影光学系100Aにおいて、像側の開口数 $\text{NA} = 0.2$ 、縮小倍率 $= 1/4$ 倍、物体高 $= 158 \text{ mm}$ 乃至 $162 \text{ mm}$ の $4 \text{ mm}$ 幅の円弧状スリットである。ここで、図2の反射型投影光学系100Aの数値（曲率半径、面間隔、非球面係数など）を表3に示す。

## 【0038】

【表 3】

ミラー番号	曲率半径		面間隔	
MS(マスク)	∞		658.261	
M1	∞		-532.963	
M2	968.525		887.03	
M3	302.215		-76.293	
M4	302.887		433.456	
M5	279.794		-475.793	
M6	557.573		519.793	
W (ウェハ)	∞			
非球面係数	K	A	B	C
M1	7.88620E+09	9.98468E-10	2.76930E-14	-8.19354E-19
M2	0.5761	7.20732E-11	-4.05948E-15	2.32861E-18
M3	0.1784	-1.54481E-08	6.76525E-14	-2.59281E-18
M4	-0.1083	-1.76254E-10	-3.18389E-14	9.47733E-19
M5	0.8599	1.00000E-08	-4.51956E-13	2.13913E-16
M6	0.0201	1.59132E-11	1.23333E-16	2.95498E-21
	D	E	F	G
M1	4.22975E-23	8.12933E-28	-1.70222E-31	4.00669E-36
M2	-1.42724E-21	4.69821E-25	-7.93226E-29	5.38998E-33
M3	4.52462E-22	-1.08110E-26	-5.23843E-31	2.31444E-35
M4	-8.85221E-24	-4.22779E-29	2.24402E-33	1.92390E-38
M5	-1.30190E-19	4.66867E-23	-1.02050E-26	1.08018E-30
M6	-2.10152E-25	1.06111E-29	-2.59576E-34	2.33651E-39

## 【0039】

また、図 2 に示す反射型投影光学系 100A の製造誤差を含まない収差は、各画角で表 4 に示すようになる。

## 【0040】



【表 4】

物体高 (mm)	波面収差 (rms)
158	0.0766 $\lambda$
160	0.0361 $\lambda$
162	0.0697 $\lambda$

## 【0041】

なお、 $|$ 歪曲最大値 $| = 6.2 \text{ nm}$ である。

## 【0042】

また、中間結像MI位置での射出瞳は、第2のミラーM2上にあり、物体面MSと像面Wの間に位置している。更に、中間結像MI位置での各画角の主光線と光軸とのなす角の最大値は7.5度である。従って、 $\sin^{-1} \text{NA} = 11.54$ 以下となっており、最大有効径を抑える条件を満たしている。このとき、最大有効径の第4のミラーM4は364.26 mmであり、十分に小さい値である。

## 【0043】

以上のように、本発明の反射型投影光学系100及び100Aは、EUVの波長において、高NA、且つ、径の小さい6枚以上のミラーで構成することができると共に優れた結像性能を得ることができる。また、最大有効径を抑え、全長の小さな光学系を実現し、装置の小型化に寄与することができる。

## 【0044】

以下、図3を参照して、本発明の反射型投影光学系100を適用した露光装置200について説明する。図3は、反射型投影光学系100を有する露光装置200の例示的一形態を示す概略構成図である。本発明の露光装置200は、露光用の照明光としてEUV光（例えば、波長13.4 nm）を用いて、ステップ・アンド・スキャン方式の露光を行う投影露光装置である。

## 【0045】

図3を参照するに、露光装置200は、照明装置210と、マスクMSと、マスクMSを載置するマスクステージ220と、反射型投影光学系100と、被処理体Wと、被処理体Wを載置するウェハステージ230と、制御部240とを有

する。制御部 240 は、照明装置 210、マスクステージ 220 及びウェハステージ 230 に制御可能に接続されている。

#### 【0046】

また、図 3 には図示しないが、EUV 光は大気に対する透過率が低いため、少なくとも EUV 光が通る光路は真空雰囲気であることが好ましい。なお、図 3 において、X、Y、Z は 3 次元空間を示し、XY 平面の法線方向を Z 方向としている。

#### 【0047】

照明装置 210 は、反射型投影光学系 100 の円弧状の視野に対応する円弧状の EUV 光（例えば、波長 13.4 nm）によりマスク MS を照明する照明装置であって、図示しない光源と、照明光学系より構成される。なお、照明装置 210 を構成する光源及び照明光学系は当業界で周知のいかなる技術をも適応可能であり、本明細書での詳細な説明は省略する。例えば、照明光学系は、集光光学系、オプティカルインテグレーター、開口絞り、ブレード等を含み、当業者が想達し得るいかなる技術も適用可能である。

#### 【0048】

マスク MS は、反射型又は透過型マスクで、その上には転写されるべき回路パターン（又は像）が形成され、マスクステージ 220 に支持及び駆動される。マスク MS から発せられた回折光は、反射型投影光学系 100 で反射されて被処理体 W 上に投影される。露光装置 200 は、ステップ・アンド・スキャン方式の露光装置であるため、マスク MS と被処理体 W を走査することによりマスク MS のパターンを被処理体 W 上に縮小投影する。

#### 【0049】

マスクステージ 220 は、マスク MS を支持して図示しない移動機構に接続されている。マスクステージ 220 は、当業界周知のいかなる構成をも適用することができる。例えば、図示しないリニアモーターなどで構成され、制御部 240 に制御されながら少なくとも Y 方向にマスクステージ 220 を駆動することでマスク MS を移動することができる。露光装置 200 は、マスク MS と被処理体 240 を制御部 240 によって同期した状態で走査する。

**【0050】**

反射型投影光学系100は、マスクMS面上のパターンを像面上に縮小投影する反射型光学系である。反射型投影光学系100は、上述した通りのいかなる形態をも適用可能であり、ここでの詳細な説明は省略する。なお、図3では、図1に示す反射型投影光学系100を使用するが、かかる形態は例示的であり本発明はこれに限定されない。例えば、図2に示す反射型投影光学系100Aなどを使用することもできる。

**【0051】**

被処理体Wは、本実施形態ではウェハであるが、液晶基板その他の被処理体を広く含む。被処理体Wには、フォトリソが塗布されている。

**【0052】**

ウェハステージ230は、被処理体Wを支持する。ウェハステージ230は、例えば、リニアモーターを利用してXYZ方向に被処理体Wを移動する。また、レチクルステージ220とウェハステージ230の位置は、例えば、レーザー干渉計などにより監視され、両者は一定の速度比率で駆動される。

**【0053】**

制御部240は、図示しないCPU、メモリを有し、露光装置200の動作を制御する。制御部240は、照明装置210、マスクステージ220（即ち、マスクステージ220の図示しない移動機構）、ウェハステージ230（即ち、ウェハステージ230の図示しない移動機構）と電氣的に接続されている。CPUは、MPUなど名前の如何を問わずいかなるプロセッサも含み、各部の動作を制御する。メモリは、ROM及びRAMより構成され、露光装置200を動作するファームウェアを格納する。

**【0054】**

露光において、照明装置210から射出されたEUV光はマスクMSを照明し、マスクMS面上のパターンを被処理体W面上に結像する。本実施形態において、像面は円弧状（リング状）の像面となり、マスクMSと被処理体Wを縮小倍率比の速度比でスキャンすることにより、マスクMSの全面を露光する。

**【0055】**

次に、図4及び図5を参照して、露光装置200を利用したデバイス製造方法の実施例を説明する。図4は、デバイス（ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CCD等）の製造を説明するためのフローチャートである。ここでは、半導体チップの製造を例に説明する。ステップ1（回路設計）では、デバイスの回路設計を行う。ステップ2（マスク製作）では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。ステップ3（ウェハ製造）では、シリコンなどの材料を用いてウェハを製造する。ステップ4（ウェハプロセス）は、前工程と呼ばれ、マスクとウェハを用いてリソグラフィ技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。ステップ5（組み立て）は、後工程と呼ばれ、ステップ4によって作成されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ6（検査）では、ステップ5で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

#### 【0056】

図5は、ステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ11（酸化）では、ウェハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）では、ウェハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）では、ウェハ上に電極を蒸着などによって形成する。ステップ14（イオン打ち込み）では、ウェハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）では、ウェハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では、露光装置200によってマスクの回路パターンをウェハに露光する。ステップ17（現像）では、露光したウェハを現像する。ステップ18（エッチング）では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）では、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによってウェハ上に多重の回路パターンが形成される。かかるデバイス製造方法によれば、従来よりも高品位のデバイスを製造することができる。このように、露光装置200を使用するデバイス製造方法、並びに結果物としてのデバイスも本発明の一側面を構成する。

## 【0057】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。例えば、本発明は、ArFエキシマレーザーやF<sub>2</sub>レーザーなどのEUV光以外の波長200nm以下の紫外線用の反射型投影光学系として用いることもでき、大画面をスキャン露光する露光装置にもスキャンしない露光をする露光装置にも適用可能である。

## 【0058】

本出願は、更に以下の事項を開示する。

## 【0059】

〔実施態様1〕 物体面上のパターンを像面上に縮小投影する反射型投影光学系であって、中間像を形成する結像系であり、

前記物体面から前記像面にかけて順次光を反射する6枚以上のミラーを有し、  
前記中間像の射出瞳位置が前記物体面と前記像面の間に位置すると共に、前記像面側の開口数をNAとしたとき、当該射出瞳位置での各画角の主光線と光軸とのなす角が $\sin^{-1}NA$ 以下であることを特徴とする反射型投影光学系。

## 【0060】

〔実施態様2〕 前記開口数は、0.2以上であることを特徴とする実施態様1記載の反射型投影光学系。

## 【0061】

〔実施態様3〕 前記ミラーの位置を開口絞り位置としたことを特徴とする実施態様1記載の反射型投影光学系。

## 【0062】

〔実施態様4〕 前記中間像は、前記物体面から光路を辿って2番目のミラーと前記像面から光路を辿って2番目のミラーとの光路の間に形成されることを特徴とする実施態様1記載の反射型投影光学系。

## 【0063】

〔実施態様5〕 前記中間像位置での各画角の主光線は、光軸から離れる方向を向いていることを特徴とする実施態様1記載の反射型投影光学系。

## 【0064】

〔実施態様6〕 前記6枚以上のミラーは、基本的に共軸系をなすように配置したことを特徴とする実施態様1記載の反射型投影光学系。

## 【0065】

〔実施態様7〕 前記6枚以上のミラーはすべてEUV光を反射する多層膜を有する非球面ミラーであることを特徴とする実施態様1記載の反射型投影光学系。

## 【0066】

〔実施態様8〕 前記物体面上に反射型マスクを配置することを特徴とする実施態様1記載の反射型投影光学系。

## 【0067】

〔実施態様9〕 前記物体面側が非テレセントリックであることを特徴とする実施態様1記載の反射型投影光学系。

## 【0068】

〔実施態様10〕 前記物体面から入射する光線は、前記物体面から光路を辿って最初のミラーに5度以上10度以下の角度で入射することを特徴とする実施態様9記載の反射型投影光学系。

## 【0069】

〔実施態様11〕 前記像面側の露光領域は、スリット幅0.8mm以上であることを特徴とする実施態様1記載の反射型投影光学系。

## 【0070】

〔実施態様12〕 前記物体上のパターンからの光が反射する順に、第1ミラー、第2ミラー、第3ミラー、第4ミラー、第5ミラー、第6ミラーを有しており、前記物体側から前記像面側にかけて、前記第2ミラー、前記第1ミラー、前記第6ミラー、前記第4ミラー、前記第3ミラー、前記第5ミラーの順に配置されており、前記反射型投影光学系が、前記第4ミラーと前記第3ミラーとの間に中間像を形成することを特徴とする実施態様1乃至11のうちいずれか一項記載の反射型投影光学系。

## 【0071】

〔実施態様 13〕 6 枚のミラー（もしくは反射面）から成ることを特徴とする実施態様 1 乃至 12 のうちいずれか一項記載の反射型投影光学系。

【0072】

〔実施態様 14〕 実施態様 1 乃至 13 のうちいずれか一項記載の反射型投影光学系と、

前記物体面上にマスクのパターンを位置付けるべく当該マスクを保持するマスクステージと、

前記像面上に感光層を位置付けるべく被処理体を保持するウェハステージと、

前記 E U V 光で前記マスクを照明する状態で前記マスクステージ及び前記ウェハステージを同期して走査する手段とを有することを特徴とする露光装置。

【0073】

〔実施態様 15〕 光源からの光で前記パターンを照明する照明光学系と、前記パターンからの光を前記像面上に投影する、実施態様 1 乃至 13 のうちいずれか一項記載の反射型投影光学系とを有することを特徴とする露光装置。

【0074】

〔実施態様 16〕 前記反射型投影光学系は、前記パターンからの反射光を前記像面上に投影することを特徴とする実施態様 15 記載の露光装置。

【0075】

〔実施態様 17〕 実施態様 14 乃至 16 のうちいずれか一項記載の露光装置を用いて被処理体を露光するステップと、

露光された前記被処理体に所定のプロセスを行うステップとを有することを特徴とするデバイス製造方法。

【0076】

【発明の効果】

本発明によれば、E U V リソグラフィーに適用可能で、高 N A、且つ、ミラーの最大有効径及び光学系の全長が小さく、優れた結像性能を有する 6 枚ミラー系の反射型投影光学系及び露光装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一側面としての反射型投影光学系の例示的一形態及びそ

の光路を示した概略断面図である。

【図2】 図1に示す反射型投影光学系の別の形態を示した反射型投影光学系及びその光路を示す概略断面図である。

【図3】 図1に示す反射型投影光学系を有する露光装置の例示的一形態を示す概略構成図である。

【図4】 デバイス（ICやLSIなどの半導体チップ、LCD、CCD等）の製造を説明するためのフローチャートである。

【図5】 図4に示すステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。

【符号の説明】

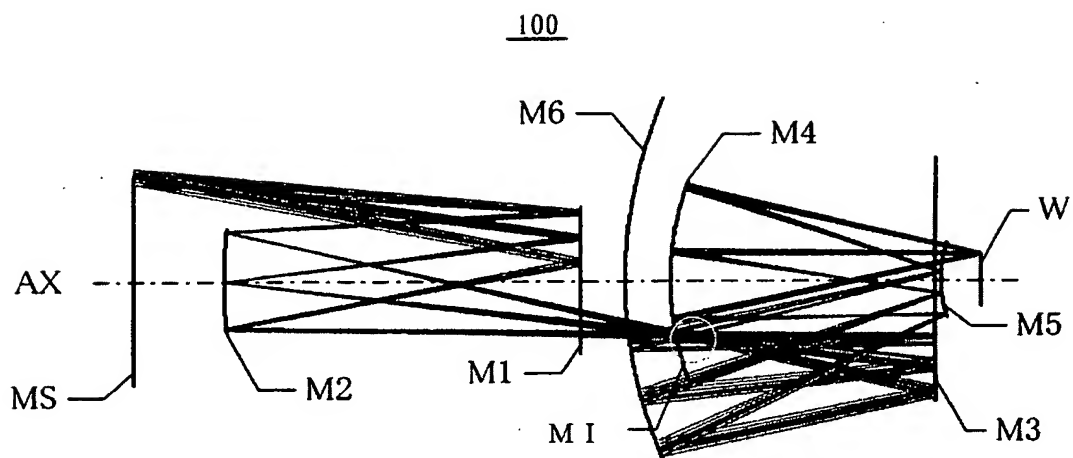
100、100A	反射型投影光学系
200	露光装置
210	照明装置
220	マスクステージ
230	ウェハステージ
240	制御部
M1	第1のミラー
M2	第2のミラー
M3	第3のミラー
M4	第4のミラー
M5	第5のミラー
M6	第6のミラー
MS	物体面（マスク）
W	像面（ウェハ）
MI	中間像



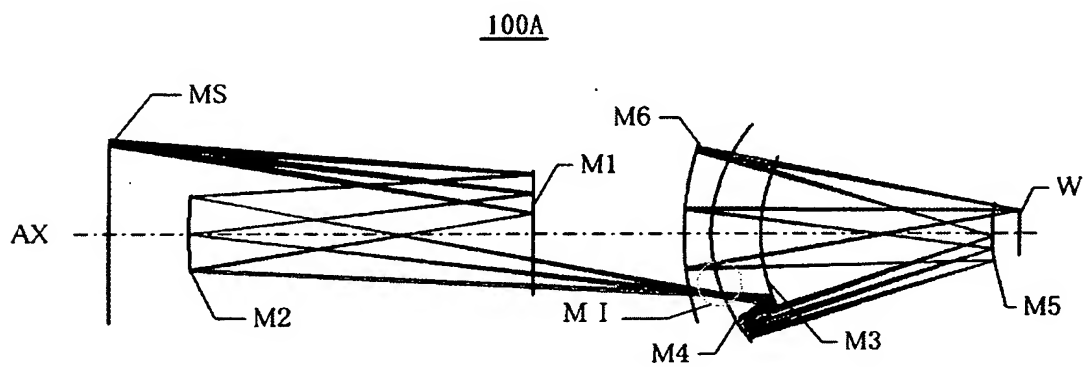
【書類名】

図面

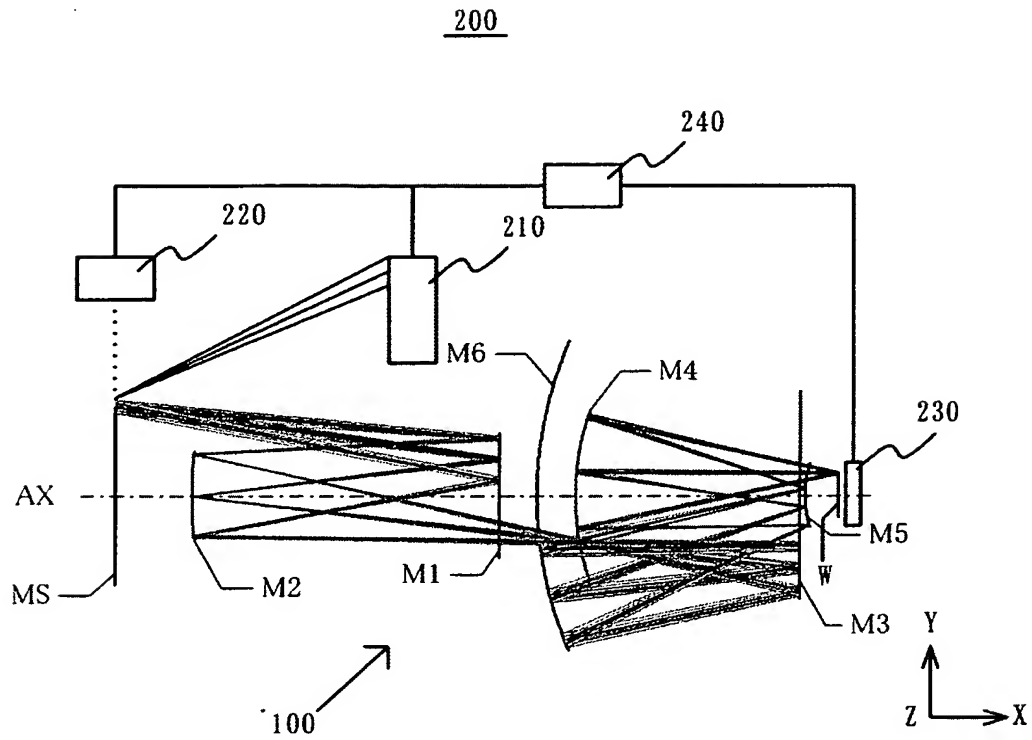
【図 1】



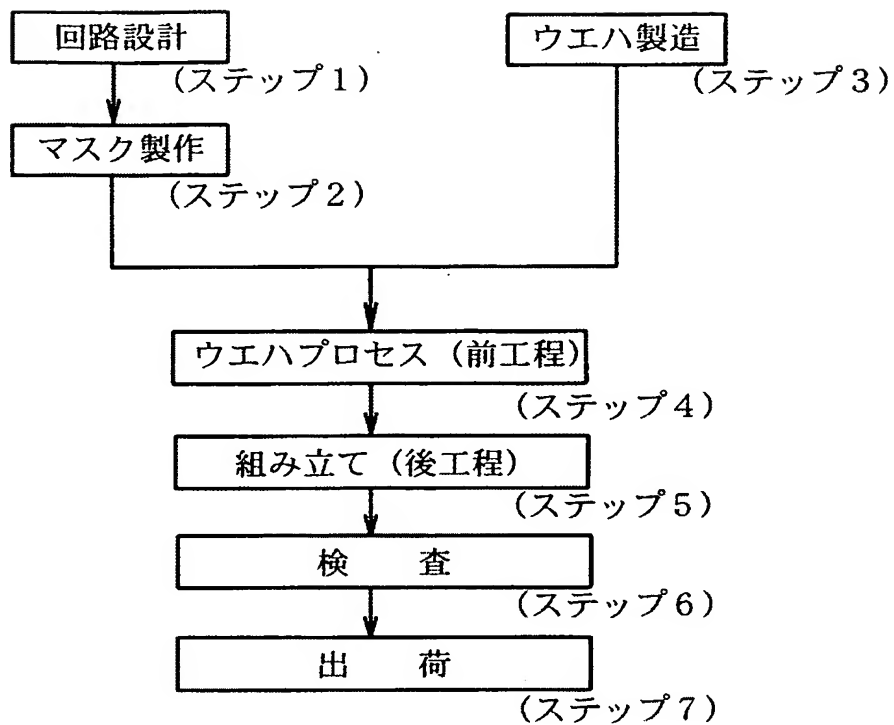
【図 2】



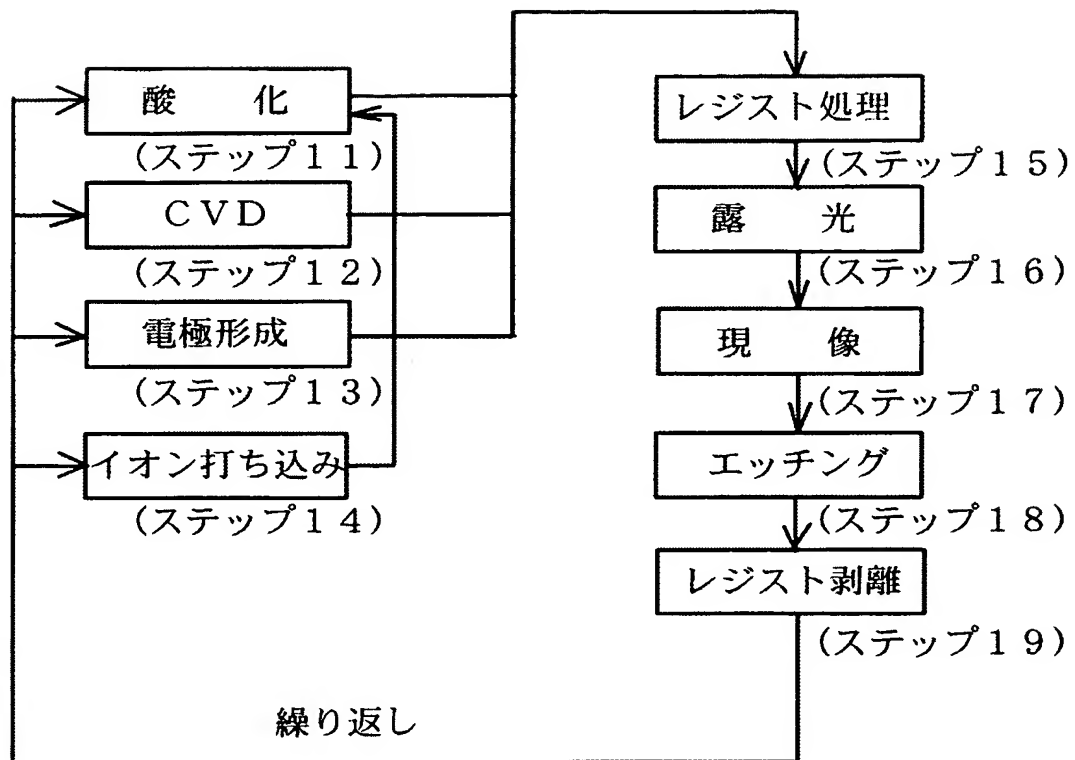
【図 3】



【図 4】



【図 5】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 EUVリソグラフィーに適用可能で、高NA、且つ、ミラーの最大有効径及び光学系の全長が小さく、優れた結像性能を有する6枚ミラー系の反射型投影光学系及び露光装置を提供する。

【解決手段】 物体面上のパターンを像面上に縮小投影する反射型投影光学系であって、中間像を形成する結像系であり、前記物体面から前記像面にかけて順次光を反射する6枚以上のミラーを有し、前記中間像の射出瞳位置が前記物体面と前記像面の間に位置すると共に、前記像面側の開口数をNAとしたとき、当該射出瞳位置での各画角の主光線と光軸とのなす角が $\sin^{-1} NA$ 以下であることを特徴とする反射型投影光学系を提供する。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 0 4 4 8 8 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 1 0 0 7 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号

氏 名

キヤノン株式会社